

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-353567

(43)Date of publication of application : 25.12.2001

(51)Int.Cl.

B22D 21/04  
B22D 23/00  
B22D 27/00

(21)Application number : 2000-137789

(71)Applicant : NISSIN KOGYO CO LTD

(22)Date of filing : 10.05.2000

(72)Inventor : BAN KEISUKE  
OGIWARA KOICHI

(30)Priority

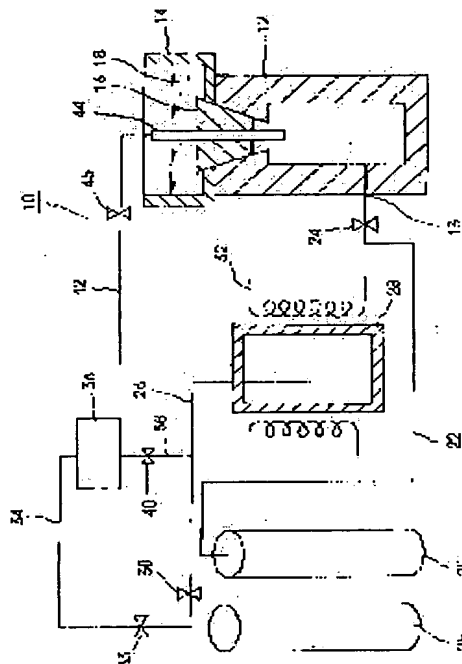
Priority number : 2000108078 Priority date : 10.04.2000 Priority country : JP

## (54) REDUCTION-CASTING METHOD AND METHOD FOR CASTING ALUMINUM USING THE METHOD

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the fluidity of molten metal and to surely produce a high quality cast product without developing the cast defect at a low cost by reducing the oxidized film formed on the surface of molten metal.

**SOLUTION:** The oxidized film formed on the surface of the molten metal is reduced in a forming mold 12 and cast. Magnesium powder is fed into a heating furnace 28 from a tank 36 holding the magnesium powder, and heated in the heating furnace 28, and after introducing the sublimated magnesium gas into a cavity in the forming mold 12, gaseous nitrogen is introduced into the cavity from a nitrogen gas cylinder 20 to produce magnesium-nitrogen compound in the cavity. In this state, the oxidized film formed on the surface of the molten metal 18 is reduced by the magnesium-nitrogen compound and cast by pouring the molten metal 18 into the cavity.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 15.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application converted  
registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3422969

[Date of registration] 25.04.2003

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-353567

(P2001-353567A)

(43) 公開日 平成13年12月25日 (2001. 12. 25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

チーコード<sup>\*</sup>(参考)

B 2 2 D 21/04

B 2 2 D 21/04

A

23/00

23/00

Z

27/00

27/00

審査請求 有 請求項の数13 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-137789(P2000-137789)

(22) 出願日 平成12年5月10日(2000. 5. 10)

(31) 優先権主張番号 特願2000-108078(P2000-108078)

(32) 優先日 平成12年4月10日(2000. 4. 10)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000226677

日信工業株式会社

長野県上田市大字国分840番地

(72) 発明者 伴 恵介

長野県上田市大字国分840番地 日信工業

株式会社内

(72) 発明者 荻原 晃一

長野県上田市大字国分840番地 日信工業

株式会社内

(74) 代理人 100077621

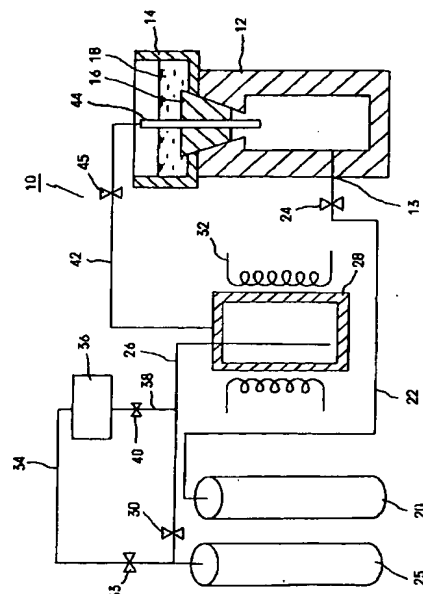
弁理士 綿貫 隆夫 (外1名)

(54) 【発明の名称】 還元鑄造方法及びこれを用いたアルミニウム鑄造方法

(57) 【要約】

【課題】 溶湯の表面に形成される酸化被膜を還元して、溶湯の流動性を向上させ、鑄造欠陥のない高品質の鑄造製品を安価に確実に製造する。

【解決手段】 溶湯表面に形成される酸化被膜を成型型12内で還元して鑄造する。マグネシウム粉末を収納したタンク36から加熱炉28にマグネシウム粉末を送入し、加熱炉28で加熱して昇華したマグネシウムガスを成型型12のキャビティに導入した後、窒素ガスボンベ20から窒素ガスをキャビティ内に導入し、キャビティ内にマグネシウム窒素化合物を生成させる。この状態でキャビティ内に溶湯18を注入することにより、溶湯18の表面に形成される酸化被膜をマグネシウム窒素化合物によって還元して鑄造する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 金属ガスと反応性ガスとを反応させて生成した還元性化合物を溶湯に作用させ、溶湯表面の酸化被膜を還元することを特徴とする還元鑄造方法。

【請求項2】 還元性化合物を、溶湯が凝固する前に作用させて溶湯表面の酸化被膜を還元することを特徴とする請求項1記載の還元鑄造方法。

【請求項3】 成型型の外部で生成した還元性化合物を成型型のキャビティに導入した後、前記キャビティに溶湯を注入して鑄造することを特徴とする請求項2記載の還元鑄造方法。

【請求項4】 還元性化合物をキャビティに導入する直前に、金属ガスと反応性ガスとを反応させて還元性化合物を生成することを特徴とする請求項3記載の還元鑄造方法。

【請求項5】 成型型のキャビティに金属ガスと、該金属ガスと反応して還元性化合物を生成する反応性ガスとを個別に導入し、キャビティ内において還元性化合物を生成した後、キャビティに溶湯を注入して鑄造することを特徴とする請求項2記載の還元鑄造方法。

【請求項6】 成型型のキャビティの表面に還元性化合物を析出させて鑄造することを特徴とする請求項3、4または5記載の還元鑄造方法。

【請求項7】 成型型のキャビティ内を非酸素雰囲気としてキャビティに還元性化合物を導入しあるいはキャビティ内において還元性化合物を生成することを特徴とする請求項3、4、5または6記載の還元鑄造方法。

【請求項8】 成型型のキャビティに溶湯を注入する際の溶湯に還元性化合物を作用させることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6または7記載の還元鑄造方法。

【請求項9】 金属ガスのキャリアとして非酸化性ガスを用いることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7または8記載の還元鑄造方法。

【請求項10】 アルミニウムの溶湯にマグネシウムガスと窒素ガスとを反応させて生成したマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) を作用させ、アルミニウムの溶湯表面の酸化被膜を還元して鑄造することを特徴とするアルミニウム鑄造方法。

【請求項11】 成型型の外部で生成したマグネシウム窒素化合物を成型型のキャビティに導入した後、前記キャビティにアルミニウムの溶湯を注入して鑄造することを特徴とする請求項10記載のアルミニウム鑄造方法。

【請求項12】 成型型のキャビティにマグネシウムガスと窒素ガスとを個別に導入し、キャビティ内においてマグネシウム窒素化合物を生成した後、キャビティにアルミニウムの溶湯を注入して鑄造することを特徴とする請求項10記載のアルミニウム鑄造方

法。

【請求項13】 成型型のキャビティ内を非酸素雰囲気としてキャビティにマグネシウム窒素化合物を導入しあるいはキャビティ内においてマグネシウム窒素化合物を生成することを特徴とする請求項11または12記載のアルミニウム鑄造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は種々の鑄造技術に適用できる還元鑄造方法及びアルミニウム鑄造方法に関し、より詳細には溶湯の表面に形成される酸化被膜を還元して鑄造する還元鑄造方法及びこれを用いたアルミニウム鑄造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 鑄造方法には、重力鑄造法 (GDC)、低圧鑄造法 (LPDC)、ダイキャスト (DC)、スクイズ (SC)、チクソモールドなど様々な方法がある。これらはいずれも、成型型のキャビティ内に溶湯を注入して所定形状に成形するものである。これらの鑄造方法は、鑄造に使用する溶湯材料や鑄造製品等に応じて適宜方法が使用される。鑄造製品としては多種多様の製品が提供されているが、複雑な形状の鑄造製品を製造する場合、あるいは高性能が要求される製品を製造する場合にはとくに、溶湯が確実にキャビティに充填されて鑄造欠陥が生じないこと、所定の強度が得られ、変形等が生じないこと、鑄造製品の外観の仕上がりが良好であるといったことが求められる。

【0003】 アルミニウムあるいはアルミニウム合金は鑄造製品材料として広く使用されているが、アルミニウム鑄造方法ではアルミニウムが酸化被膜をつくりやすい性質があることから、鑄造時にアルミニウムの溶湯の表面に形成される酸化被膜 (アルミナ) によって溶湯の表面張力が大きくなり、これによって流動性、溶着性が低下し、鑄造欠陥が生じる原因になることが知られている。これを解消するため、塗型剤の使用、成型型への溶湯の入れ方、溶湯を入れる速度、圧力等について様々な改良及び手法が検討されてきた。

【0004】 たとえば、GDC、LPDCのような領域では、断熱離型剤の塗布、ゲートの配置方法、オーバーフローの取り方などを工夫する手法によって溶湯の温度低下を遅らせ、酸化被膜の生長による湯周り不良、湯ジワ、湯境などに対応することが行われている。また、DCのような領域では、湯の充填速度、圧力、ゲートの配置、オーバーフローの取り方等による高圧短時間充填によって対応することが行われている。また、SCなどではGDCの領域で高圧に加圧することによって強制的に酸化被膜を破るようにしたり、融合させたりすることで対応する方法が行われている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の

アルミニウムの鑄造方法には一長一短があり、どの方法も完全なものとは言い難い。とくに成形型のキャビティ表面に溶湯が触れることによって生じる酸化被膜は、鑄造製品の外観に湯ジワ、湯境となってあらわれ、微少な未充填を生じさせる原因となるものであるが、これを解消することができないという問題がアルミニウム鑄造において解決しなければならない問題となっている。したがって、航空機、自動車等に使用する構造物で表面応力、切欠等が問題となる製品については蛍光探傷等による全数検査が行われており、鑄造後さらに表面加工を施して完成品とするといった方法がとられている。この結果、製品のコストアップを招くとともに、製品の品質、信頼性がばらつくという問題があった。

【0006】これらのアルミニウム鑄造工程で溶湯の表面に酸化被膜が形成されることによって生じている問題はアルミニウム以外の溶湯材料を用いる鑄造方法においても同様に生じ得る問題である。本発明はこのような鑄造工程において溶湯の表面に形成される酸化被膜が原因となって生じる問題を解消すべくなされたものであり、その目的とするところは、鑄造過程において溶湯の表面に酸化被膜が生成されることを防止し、これによって溶湯の流動性を向上させ、キャビティ表面との濡れ性を高め、高品質の鑄造製品を製造することを可能にするとともに、効率的な鑄造を可能にする鑄造方法を提供しようとするものである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は上記目的を達成するため次の構成を備える。すなわち、還元鑄造方法において、金属ガスと反応性ガスとを反応させて生成した還元性化合物を溶湯に作用させ、溶湯表面の酸化被膜を還元することを特徴とする。溶湯に還元性化合物を作用させることにより、溶湯表面に形成される酸化被膜を還元することができ、これによって溶湯の表面張力が低減し、溶湯の流動性が向上して溶湯の未充填等の欠陥の発生を防止し、高品質の鑄造製品を製造することが可能になる。

【0008】また、還元性化合物を、溶湯が凝固する前に作用させて溶湯表面の酸化被膜を還元することにより、溶湯の溶着性を良好にするとともに、製品の外観を良好にすることができる。また、成形型の外部で生成した還元性化合物を成形型のキャビティに導入した後、前記キャビティに溶湯を注入して鑄造することにより、キャビティ内で溶湯表面の酸化被膜を還元して好適な還元鑄造を行うことができる。また、還元性化合物をキャビティに導入する直前に、金属ガスと反応性ガスとを反応させて還元性化合物を生成することにより、還元性化合物の還元作用を損なうことなく使用することができる。

【0009】また、成形型のキャビティに金属ガスと、該金属ガスと反応して還元性化合物を生成する反応性ガスとを個別に導入し、キャビティ内において還元性化合

10

20

30

40

50

物を生成した後、キャビティに溶湯を注入して鑄造することにより、キャビティ内で溶湯と還元性化合物とを確実に作用させることができる。また、成形型のキャビティの表面に還元性化合物を析出させて鑄造することにより、溶湯がじかに接触するキャビティの表面において還元性化合物と溶湯とが効果的に作用して湯ジワ等を生じさせずに良好な鑄造を可能にする。また、成形型のキャビティ内を非酸素雰囲気としてキャビティに還元性化合物を導入あるいはキャビティ内において還元性化合物を生成することにより、還元性化合物の作用を減退させずに良好な鑄造を可能にする。また、成形型のキャビティに溶湯を注入する際の溶湯に還元性化合物を作用させること、また、金属ガスのキャリアとして非酸化性ガスを用いることが有効である。

【0010】また、アルミニウム鑄造方法において、アルミニウムの溶湯にマグネシウムガスと窒素ガスとを反応させて生成したマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) を作用させ、アルミニウムの溶湯表面の酸化被膜を還元して鑄造することを特徴とする。また、成形型の外部で生成したマグネシウム窒素化合物を成形型のキャビティに導入した後、前記キャビティにアルミニウムの溶湯を注入して鑄造することを特徴とする。また、成形型のキャビティにマグネシウムガスと窒素ガスとを個別に導入し、キャビティ内においてマグネシウム窒素化合物を生成した後、キャビティにアルミニウムの溶湯を注入して鑄造することを特徴とする。また、成形型のキャビティ内を非酸素雰囲気としてキャビティにマグネシウム窒素化合物を導入しあるいはキャビティ内においてマグネシウム窒素化合物を生成することを特徴とする。

【0011】

【発明の概要】本発明に係る還元鑄造方法は、金属ガスと反応性ガスとを反応させて生成した還元性化合物を溶湯に作用させ、溶湯表面の酸化被膜を還元して鑄造することを特徴とする。金属ガスに使用する金属は溶湯材料に使用する金属との関係に応じて選択可能であるが、溶湯の表面に形成される酸化被膜を還元する還元性化合物として有効な化合物としてマグネシウムガスと窒素ガスとを反応させて生成できるマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) がある。マグネシウムは常温から高温までの広い温度範囲で安定していることと、加熱することによって容易に昇華して気体状になる点で鑄造作業に好適に利用できる。マグネシウム窒素化合物は還元性にきわめてすぐれ、溶湯の表面に形成される酸化被膜を効果的に還元することができる。

【0012】本発明の還元鑄造方法は、鑄造時に溶湯表面に形成される酸化被膜を還元し、溶湯の表面を純粋な溶湯材料として鑄造する方法に係るものである。したがって、溶湯の表面に酸化被膜が形成されやすい溶湯材料を扱う場合には、本発明方法を適用することにより、溶湯の表面の酸化被膜を還元して好適な鑄造を行うことが

できる。溶湯の表面に形成された酸化被膜を還元することにより、溶湯の表面張力が低減し、溶湯の流動性が増大して成型型のキャビティ内面との濡れ性が良好になる。純粋な溶湯材料がキャビティの表面に接触することによって溶湯が型内で広がりやすくなり、湯周り性がよくなって、キャビティの微細な部位にも確実に溶湯が充填され、高品質の鑄造が可能となる。

【0013】従来の成型型では湯周り性を良くするため、成型型を保温する意味等から塗型を使用したり断熱離型剤を使用したりしているが、本発明方法によれば溶湯の流動性が良好となることから、塗型や離型剤を使用する必要がなくなる。これによって、成型型の製作や準備、調整が容易になり、鑄造作業を大きく効率化することができる。また、従来は溶湯の流動性を確保するため成型型を高温に加熱して溶湯を注入、溶湯を成型型に注入した後は、成型型を降温させて凝固させている。しかしながら、本発明方法によれば溶湯の流動性がきわめて良好になるから、成型型を高温に加熱する必要がない。この結果、凝固速度を速めることができ、鑄造製品全体を急速凝固することができて鑄造製品の強度を向上させ、ひけ、伸びといった変形を減少させて鑄造製品の品質を向上させることができる。成型型の型温としては常温での鑄造も可能である。

【0014】また、従来の重力鑄造法では成型型に押し湯部分を形成し、押し湯に注入された溶湯の重さを利用して押し湯からキャビティに溶湯を補給する方法で鑄造する方法がとられている。この点、本発明方法によれば、成型型内での溶湯の流動性が向上するから、従来の成型型に形成していた押し湯部分の容積を減少させることができる。従来の成型型で押し湯部分の容積は型容積のうち50～60%を占めている。本発明方法によれば、溶湯の流動性が向上することから押し湯部分の容積は型容積の10～20%程度もしくはこれ以下にまで減少させることができる。これによって、溶湯を効率的に使用することが可能になり、成型型の製作を容易にすることができる。また、押し湯の容積を減らすことで溶湯の凝固を速めることができ、製造サイクルタイムを短縮することができ、製造効率を向上させることができる。また、本発明方法によれば、離型性が良好になり成型型からの製品の取り出しが速くできて、これによっても製造効率を向上させることが可能になる。

【0015】本発明に係る還元鑄造方法では、特に成型型のキャビティの表面において溶湯と還元性化合物とを作用させるようにすることで、溶湯の流動性を良好にし、高品質の鑄造を可能にする。溶湯が接触するキャビティの表面で溶湯の表面の酸化被膜が還元されることで、キャビティ表面に純粋な溶湯材料が接触して成型型との濡れ性が向上し、溶湯を流れやすくする。また、キャビティの表面に接する溶湯の表面から酸化被膜が除去されることから、鑄造製品の表面に湯じわが生じたりす

ることを防止して、良好な外観の鑄造製品を得ることができる。

【0016】成型型のキャビティ内で還元性化合物と溶湯とを反応させる方法としては、成型型の外部であらかじめ生成した還元性化合物をキャビティに導入した後、キャビティに注入して鑄造する方法と、成型型のキャビティ内で還元性化合物を生成した後、キャビティに溶湯を注入して鑄造する方法がある。還元性化合物はキャビティの表面に析出するようにして、キャビティの表面で還元性化合物が溶湯に作用するようにするのがよい。キャビティの表面に還元性化合物を析出させる方法としては、還元性化合物を生成する金属を気化させて金属ガスとし窒素ガス等の反応性ガスと反応させる方法が有効である。また、還元性化合物の作用を減退させないようにするため、キャビティ内を非酸素雰囲気として還元性化合物を導入し、あるいはキャビティ内を非酸素雰囲気として還元性化合物を生成するのがよい。非酸素雰囲気とする方法としては、キャビティ内を減圧する方法、キャビティ内に不活性ガスを導入してキャビティ内のエアを排出する方法等がある。

【0017】溶湯に前記還元性化合物を作用させて溶湯の表面に形成される酸化被膜を還元して除去する方法は、成型型に溶湯を注入する際に成型型の注入口で溶湯に作用させる方法、トリベに収容されている溶湯に作用させる方法、溶湯が貯留されている貯湯部で溶湯に作用させるといった利用が可能である。図8は成型型100の溶湯の注入口に設けた導入口102、104からマグネシウムガスと窒素ガスを導入して、成型型100の注入口近傍でマグネシウム窒化合物( $Mg_3N_2$ )を生成させ、注入口から注入される溶湯に還元性化合物であるマグネシウム窒化合物を作用させるように構成した例である。このように構成することによって、成型型に注入される段階で溶湯の表面に形成される酸化被膜を還元することができ、高品質の鑄造を可能にする。

【0018】図8で108は溶湯106を収容したトリベである。溶湯の表面の酸化被膜を還元性化合物によって還元する方法は、トリベ108に収容されている溶湯106内に還元性化合物を注入する方法として適用することもできる。また、トリベ以外の注湯槽に対して還元性化合物を作用させることもできる。図9は貯湯部110内に収容されている溶湯106に還元性化合物を作用させる例を示す。貯湯部110の溶湯106内に浸漬した通気体112から還元性化合物をバブリングさせ、溶湯106の表面に形成される酸化被膜を還元する。図示例では、通気体112にマグネシウムガスと窒素ガスを送入し、通気体112内で還元性化合物を生成させてバブリングするようにしている。このように、貯湯部に貯留された溶湯に還元性化合物を作用させて溶湯の流動性を高めることは、高品質の鑄造を可能にする上で有効である。

【0019】上記還元鑄造方法はアルミニウムあるいはアルミニウム合金を溶湯材料とする鑄造に好適に適用することができる。アルミニウム鑄造方法では、気体状のマグネシウムと窒素ガスとを反応させて生成した還元性化合物であるマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) をアルミニウムの溶湯に作用させることによって溶湯の表面に形成される酸化被膜を容易に還元することができる。アルミニウムの場合は、とくに溶湯の表面に酸化被膜が形成されやすい性質があることから、マグネシウム窒素化合物による還元作用によって酸化被膜を還元できることは高品質の鑄造製品を製造する上できわめて有効となる。

【0020】アルミニウム鑄造方法においても、マグネシウムガスと窒素ガスとを反応させてあらかじめ生成したマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) を成型型のキャビティに導入した後、成型型内にアルミニウムの溶湯を注入して鑄造してもよいし、成型型のキャビティに気体状マグネシウムと窒素ガスとを個別に導入して還元性化合物であるマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) を生成した後、成型型内にアルミニウムの溶湯を注入して鑄造してもよい。成型型の内面、中子などキャビティを構成する部材の表面に還元性化合物を生成し、アルミニウムの溶湯がキャビティの内面に接触する際にアルミニウムの表面に形成される酸化物から還元反応によって酸素を奪い、アルミニウムの表面を純粋なアルミニウムに還元して鑄造することができる。

【0021】このように、アルミニウムの溶湯がキャビティの表面に接触する際に還元反応によりアルミニウムの溶湯の表面の酸化被膜を除去することによって、鑄造製品の表面に生じる湯ジワ、未充填等の表面欠陥を解消することが可能となる。とくに、従来の鑄造製品で入り組んだ部位については表面の欠陥を除去することがほとんど不可能であったのに対し、本発明方法によれば、アルミニウムのきわめて高い濡れ性と毛細管現象を利用することにより表面欠陥のない良品を得ることが可能である。

【0022】図10、11は本発明に係るアルミニウム鑄造方法と従来のアルミニウム鑄造方法によって得た鑄造製品の表面状態を電子顕微鏡によって調べた写真を示す。図11は従来の鑄造方法による鑄造製品について写真であり、鑄造製品の表面に湯ジワが形成されている状態を示す。この写真より、表面に酸化被膜(アルミナ)が形成され、その酸化被膜が溶湯の移動によって、表面に湯ジワが波状に形成されていることがわかる。一方、図10は本発明方法によって得られた鑄造製品で、従来品にくらべて表面の性状ははるかに滑らかであり、上述のような湯ジワなどが生じていないことがわかる。

【0023】成型型のキャビティ内でマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) を生成してアルミニウム鑄造する方法では、キャビティ内にマグネシウムガスを導入し、次

に、窒素ガスを導入する方法でキャビティ内にマグネシウム窒素化合物を生成することができる。マグネシウムをアルゴン等の不活性ガス、又は水素等の還元性雰囲気ガス中で高温加熱して昇華させてマグネシウムガスとして、これを断熱した状態でキャビティ内に吹き込む。マグネシウムガスを成型型内に吹き込む操作は、非酸化性の導入ガスの圧力と流量を制御して行う。導入ガスとしてはアルゴン等の不活性ガスが好ましい。マグネシウムは700℃～850℃で昇華してマグネシウムガスとなり、導入ガスを用いて容易にキャビティ内に導入することができる。キャビティ内にマグネシウムガスを吹き込む際には、キャビティ内を非酸素雰囲気としておく。そのため、キャビティ内をあらかじめ減圧させあるいは窒素ガス等で排気する。これによって、均一にマグネシウムガスを吹き込むことができ、キャビティ内の酸素を除去することができる。

【0024】マグネシウムガスをキャビティ内に吹き込んだ後、キャビティ内に窒素ガスを導入することによってマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) を生成させる。マグネシウム窒素化合物は主にキャビティの表面に粉体として生成される。窒素ガスをキャビティに吹き込む際には、窒素ガスの圧力及び流量を適宜調節して行う。窒素ガスとマグネシウムガスとが反応しやすいように窒素ガスを予熱して成型型の温度が低下しないようにして吹き込む方法も有効である。反応時間は5秒～90秒程度でよい。時間が長いほど反応時間は長くとれるが、時間を長くしても成型型の型温が低下するからそれほど有効ではなく、時間としては15秒～60秒程度が好適である。

【0025】窒素ガスをキャビティに吹き込んでマグネシウム窒素化合物を生成させる際には、キャビティの表面に生成されるマグネシウム窒素化合物がキャビティの表面で成型型と反応しないようにすることが重要である。キャビティの表面は溶湯が直接接する部位であるからアルミニウムの溶湯の表面状態が鑄造製品の仕上がりにもっとも影響を及ぼすからである。したがって、成型型はキャビティの表面でマグネシウム窒素化合物による酸化物を還元する作用が確実に作用するようにしておく必要がある。

【0026】このためには、キャビティの表面はマグネシウム窒素化合物と反応しない表面状態となっていることが必要である。すなわち、キャビティの表面に酸素基等のマグネシウム窒素化合物と反応しやすい物質が存在していると、溶湯をキャビティに注湯する前に、マグネシウム窒素化合物による還元作用が消失してしまうからである。したがって、キャビティの表面を酸化物系の断熱剤もしくは離型剤によって処理することはマグネシウム窒素化合物が酸素基と反応して還元作用を失わせることから好ましくない。キャビティの表面を被覆するような場合は、黒鉛等の非酸化物系の材料によって被覆する

のがよい。また、キャビティ表面の処理としては、キャビティの表面を離型剤等によって被覆せず金属面をそのまま露出する方法、金属表面を熱処理（四酸化鉄）あるいは窒化処理等の処理を施したものが好適である。

【0027】キャビティの表面にマグネシウム窒素化合物が生成された状態でアルミニウムの溶湯をキャビティ内に注入すると、溶湯とキャビティの表面に生成されているマグネシウム窒素化合物とが反応し、溶湯表面の酸化被膜から酸素が奪われてアルミニウムに還元される。これによって、アルミニウムの溶湯の濡れ性が極めて大きく、キャビティ表面での流動性、毛細管現象が誘起されるようになる。溶湯の表面が純粋なアルミニウムとなることから、鑄造製品の表面には湯ジワなどが発生せずきわめて見栄えのよい仕上がりになるとともに、表面欠陥のない鑄造製品として得られる。

【0028】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施の形態として還元鑄造方法をアルミニウム鑄造に適用した実施形態について説明する。図1～4は、成型型のキャビティ内にマグネシウムガスと窒素ガスを導入してキャビティ内に還元性化合物を生成した後、アルミニウムの溶湯をキャビティに注入して鑄造する方法についての実施形態を示す。

【0029】図1は、アルミニウム鑄造方法の第1の実施形態についての鑄造装置10の全体構成を示す説明図である。12は成型型であり、注湯槽14に接続され、ほぼ16が引き上げられることにより、注湯槽14から所要量のアルミニウムの溶湯18が注湯されるようになっている。成型型12はキャビティの内面が金属面が露出して形成されたものである。

【0030】20は窒素ガスボンベであり、成型型12に配管22を介して接続され、バルブ24を開放することにより、成型型12内に窒素ガスを導入し、成型型12内の空気を排出できるようになっている。25はアルゴンガスボンベであり、配管26を通じて加熱炉28に接続されており、バルブ30を開放することにより加熱炉28内にアルゴンガスを導入できるようになっている。32は加熱炉28内を加熱するヒータであり、炉内温度は、後述するマグネシウム粉末が昇華する800℃以上にされている。

【0031】アルゴンガスボンベ25はまたバルブ33が介装された配管34により、マグネシウム粉末が収容されているタンク36に接続され、タンク36は配管38により、バルブ30よりも下流側の配管26に接続されている。配管38にはバルブ40が介装されている。加熱炉28は、配管42及び、ほぼ16を貫通して成型型12内に通じるパイプ44を介して成型型12に接続している。配管42にはバルブ45が介装されている。

【0032】図2(a)、(b)は、配管22と成型型12との接続口13の構造を示す。接続口13は図2

(a)に示すように、成型型12の外壁に外側に向けて広がるテーパ孔に形成され、このテーパ孔に配管22先端に取り付けられた接続プラグ（図示せず）が着脱自在に当接される。また接続口13は、通常の成型型12の空気抜き孔15を通じて成型型12内に通じている。

【0033】上記鑄造装置10による鑄造方法を以下説明する。まずバルブ24を開放し、窒素ガスボンベ20から配管22を経て成型型12内に窒素ガスを導入し、成型型12内の空気を窒素ガスによって排出する。成型型12内の空気は成型型上部の空気抜き孔（図示せず）から排出され、成型型12内が非酸素雰囲気となる。成型型12内を排気した後、バルブ24をいったん閉じる。

【0034】成型型12内の空気を排出している際に、バルブ30を開放して加熱炉28内にアルゴンガスを導入し、加熱炉28内を非酸素雰囲気にしておく。次いで、バルブ30を閉じ、バルブ40を開放し、アルゴンガス圧によりタンク36内のマグネシウム粉末をアルゴンガスと共に加熱炉28内に送り込む。加熱炉28は、ヒータ32によりマグネシウム粉末が昇華する800℃以上の炉内温度になるように加熱されているから、加熱炉28に送り込まれたマグネシウム粉末は昇華してマグネシウムガスとなる。

【0035】次に、バルブ40を閉じ、バルブ30及びバルブ45を開放し、アルゴンガス圧力、流量を調節して配管42、パイプ44を経てマグネシウムガスを成型型12内に導入する。成型型12内にマグネシウムガスを導入した後、バルブ45を閉じ、バルブ24を開放して成型型内に窒素ガスを導入する。成型型12内に窒素ガスを導入することにより、マグネシウムガスと窒素ガスとが成型型12のキャビティ内で反応しマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) が生成される。このマグネシウム窒素化合物はキャビティの表面に粉体として析出する。

【0036】この状態で、次にほぼ16を引き上げ、注湯槽14中のアルミニウムの溶湯を成型型12内に供給する。成型型12内に注湯されたアルミニウムの溶湯は、キャビティの表面上に析出しているマグネシウム窒素化合物とキャビティの表面上にて反応し、マグネシウム窒素化合物がアルミニウムの溶湯の表面に形成された酸化被膜から酸素を奪うことによって、アルミニウムの溶湯の表面が純粋なアルミニウムに還元される。成型型12内に残存する酸素、あるいはアルミニウムの溶湯内に混入している酸素は酸化マグネシウムあるいは水酸化マグネシウムとなり、溶湯中に取り込まれる。これら酸化マグネシウム等は少量であり、また安定な化合物であるので、アルミニウム鑄造製品の品質に悪影響は与えない。

【0037】アルミニウムの溶湯が凝固する際に、キャビティの表面に析出していたマグネシウム窒素化合物



が、アルミニウムの溶湯の表面の酸化被膜から酸素を奪い、純粋なアルミニウムを形成するので、表面にアルミニウムの酸化被膜が形成されない状態で鑄造される。キャビティの表面で金属面がそのまま露出するように成型型12を製作したことによって、キャビティの表面に生成されるマグネシウム窒素化合物が消失したりすることなく、キャビティの表面に保持され、アルミニウムの溶湯に対して確実に還元作用を作用させることができる。鑄造製品の仕上がりはキャビティの表面での作用がもっとも大きく影響を与えるから、キャビティの表面にマグネシウム窒素化合物が確実に生成されて保持されるようにすることは良品の鑄造製品を得る上できわめて重要である。

【0038】キャビティの表面に生成されたマグネシウム窒素化合物の作用によってアルミニウムの溶湯の表面に酸化被膜が形成されないことから、アルミニウムの溶湯の表面張力を低減させ、これによって、溶湯の濡れ性、流動性、湯周り性が良好となって、転写性（平滑性）が向上し、湯ジワ等のない高品質のアルミニウム鑄造製品を得ることができる。

【0039】なお、本実施の形態では成型型12内の空気を排出するため、窒素ガスボンベ20から窒素ガスをキャビティ内に導入したが、窒素ガスのかわりにアルゴンガス等の不活性ガスを使用して排気してもよい。キャビティ内の空気を排出するのは、キャビティ内に生成されるマグネシウム窒素化合物ができるだけ酸素と反応しないようにさせるためである。

【0040】上記実施形態は、重力鑄造法によって鑄造した例であるが、成型型のキャビティの内面にマグネシウム窒素化合物を生成させてアルミニウムの溶湯を注湯して鑄造する方法は上記方法に限定されるものではない。例えば、図3は、アルミニウム鑄造方法の第2の実施形態についての鑄造装置の構成を示すもので、成型型12を、上型50と、押圧型51で構成した加圧鑄造による実施形態を示す。成型型12は、図1に示した重力鑄造法に用いる成型型とくらべて気密性が高いものとなっている。この実施の形態の鑄造装置は、窒素ガスボンベ20と成型型12とを接続する配管22の中途に配管53を分岐させて真空ポンプ52を接続し、配管22の中途にバルブ54を設け、成型型12の内外を配管55にて接続し、配管55にバルブ56を設けている。

【0041】本実施の形態の鑄造装置を使用して鑄造する場合は、まず、バルブ24、56を閉じ、バルブ54を開放して真空ポンプ52を作動させることにより成型型12内を真空として成型型12のキャビティ内を非酸化雰囲気にするとともに、アルゴンガスボンベ25から加熱炉28にアルゴンガスを導入し、さらにバルブ33を開放してタンク36にアルゴンガスを導入し、タンク36からマグネシウム粉末を加熱炉28に送り込んでマグネシウム粉末を昇華させてマグネシウムガスとし、バ

ルブ54、56を閉じた状態で、バルブ45を開いてアルゴンガスによってマグネシウムガスを成型型12内に導入する。次いで、バルブ45を閉じ、バルブ24、54を開いて窒素ガスボンベ20から成型型12内に窒素ガスを導入する。成型型12内に窒素ガスが導入されることによってマグネシウムガスと窒素ガスとが反応し、キャビティの内面にマグネシウム窒素化合物の粉体が生成する。

【0042】この状態で、押圧型51を押し上げるることによってアルミニウムの溶湯が所定のキャビティ形状に鑄造される。この鑄造時に、上型50と押圧型51の内面によって形成されているキャビティの表面にはマグネシウム窒素化合物が析出しているから、前述した実施の形態とまったく同様の作用によってアルミニウムの溶湯の表面に酸化被膜が形成されることを防止して鑄造することができる。

【0043】本実施の形態の成型型12は、キャビティの表面を熱処理して成型型の表面を四酸化鉄としたものである。図で12aは成型型の処理膜を示す。四酸化鉄はキャビティの表面に生成されるマグネシウム窒素化合物とまったく反応せず、したがって、マグネシウム窒素化合物の還元作用が損なわれず、アルミニウムの溶湯の表面に形成される酸化被膜を還元する作用が好適に作用する。成型型の処理としては熱処理の他、窒化処理によって処理することも有効である。なお、この場合、アルミニウムの溶湯導入時および加圧鑄造時には、バルブ56を開弁することによって、アルミニウムの溶湯を導入しやすくする。

【0044】図4は、アルミニウム鑄造方法の第3の実施形態についての鑄造装置10の構成を示す。上記実施の形態で説明した鑄造装置では、マグネシウムガスは成型型12の外部で生成しているが、図4に示すように、成型型12の内底部に、例えばニクロム線等からなる熱伝導部71と、該熱伝導部71に電気を供給する電熱線72と、熱伝導部71の蓄熱が成型型12に伝導するのを防ぎ該熱伝導部71の温度を約800℃以上に保温する断熱材から構成されるヒータ32aを設けることにより、成型型12の内部にマグネシウムを置きマグネシウムを昇華させてマグネシウムガスを生成することができる。

【0045】この実施の形態の場合は、真空ポンプ52を用いて成型型12内を減圧し、あるいは成型型12内にアルゴンガス等の不活性ガスを導入して成型型12内の空気を排出させた後、マグネシウムを加熱して成型型12内に昇華させ、窒素ガスボンベ20から成型型12内に窒素ガスを導入して成型型12の内面にマグネシウム窒素化合物を生成させることができる。

【0046】本実施の形態の成型型12はキャビティの表面を非酸化物系の表面処理材として、非酸化物系の塗膜12bによって被覆したものである。非酸化物系の表

面処理材はキャビティの表面にマグネシウム窒素化合物が生成された際でも、マグネシウム窒素化合物と反応することがなく、マグネシウム窒素化合物の還元作用をそのまま維持させることができ、成型型12内にアルミニウムの溶湯が注湯された際にアルミニウムの溶湯の表面に形成される酸化被膜を還元して純粋なアルミニウムとする作用を有する。これによって、湯じわ、表面欠陥等のない高品質のアルミニウム鑄造製品を得ることが可能となる。

【0047】図5、6、7は、マグネシウムガスと窒素ガスとをあらかじめ反応させて生成したマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) をキャビティ内に導入した後、アルミニウムの溶湯をキャビティに注入して鑄造する方法についての実施形態を示す。図5は、アルミニウム鑄造方法の第4の実施形態についての鑄造装置10の構成を示す。12は成型型であり、注湯槽14に接続され、ほぼ16が引き上げられることにより、注湯槽14から所要量のアルミニウムの溶湯18が注湯されるようになっている。

【0048】20は窒素ガスボンベであり、成型型12に配管22を介して接続され、バルブ24を開放することにより、成型型12内に窒素ガスを導入し、成型型12内の空気を排出できるようになっている。窒素ガスボンベ20はまた配管26を通じて加熱炉28に接続されており、バルブ30を開放することにより加熱炉28内に窒素ガスを導入できるようになっている。なお、32は加熱炉28内を加熱するヒーターであり、炉内温度は、後述するマグネシウム粉末が昇華する800℃以上にされている。

【0049】窒素ガスボンベ20はまた配管34により、マグネシウム粉末が收容されているタンク36に接続され、タンク36は配管38により、バルブ30よりも下流側の配管26に接続されている。配管38にはバルブ40が介装されている。加熱炉28は配管42、ほぼ16を貫通して成型型12に通じるパイプ44を介して成型型12に接続している。配管22と成型型12との接続口13の構造は、前述した図2に示す構成と同一である。

【0050】本実施形態での鑄造方法を以下説明する。まずバルブ24を開放し、窒素ガスボンベ20から配管22を経て成型型12内に窒素ガスを導入し、成型型12内を窒素ガスで満たす。成型型12内の空気は成型型上部の空気抜き孔（図示せず）から排出される。

【0051】同様に、バルブ30を開放し、加熱炉28内に窒素ガスを導入する。次いで、バルブ24、バルブ30を閉じ、また配管22のプラグを接続口13から外す。バルブ40を開放し、窒素ガス圧によりタンク36内のマグネシウム粉末を窒素ガスと共に加熱炉28内に送り込む。加熱炉28は、ヒータ32によりマグネシウム粉末が昇華する800℃以上の炉内温度になるように

加熱されている。マグネシウム粉末は昇華すると共に窒素ガスと反応し、気体状のマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) となり、配管42、パイプ44を経て成型型12内に導入される。導入されたマグネシウム窒素化合物 ( $Mg_3N_2$ ) は成型型12内のキャビティの表面上に粉体として析出される。

【0052】次いでほぼ16が引き上げられ、注湯槽14中のアルミニウムの溶湯が成型型12内に供給される。成型型12内でアルミニウムの溶湯とマグネシウム窒素化合物がキャビティの表面上にて反応し、マグネシウム窒素化合物はアルミニウムの溶湯表面の酸化物から酸素を奪い、純粋なアルミニウムに還元する。あるいは、成型型12内に残存する酸素、あるいはアルミニウムの溶湯内に混入している酸素が酸化マグネシウムあるいは水酸化マグネシウムとなり、溶湯中に取り込まれる。これら酸化マグネシウム等は少量であり、また安定な化合物であるので、アルミニウム鑄造品の品質に悪影響は与えない。余分なガスは空気抜き孔15等から成型型12外部に排出される。

【0053】上記のように、成型型12内、アルミニウムの溶湯中の酸素はマグネシウム窒素化合物と反応して酸化マグネシウム、水酸化マグネシウム等となって溶湯中に取り込まれるので、あるいはマグネシウム窒素化合物が、アルミニウムの溶湯表面の酸化物から酸素を奪い、純粋なアルミニウムを形成するので、表面にアルミニウム酸化被膜が形成されない。したがってアルミニウムの溶湯の表面張力が増大することなく、アルミニウムの溶湯の流動性、湯周り性がよく、また濡れ性もよく、成型型12内壁面の転写性（平滑性）に優れた、品質のよいアルミニウム鑄造品が得られる。

【0054】成型型12内に導入されるマグネシウム窒素化合物の濃度、量は特に限定されるものではない。マグネシウム窒素化合物の濃度が低くても、窒素ガスとマグネシウム窒素化合物とが成型型12内を満たすことによって、アルミニウム酸化被膜の生成が抑制される（存在する酸素量が少ない）ことが理解される。また、あらかじめ成型型12内に窒素ガスを導入しておかなくてもよい。すなわち、窒素ガスとマグネシウム窒素化合物の混合ガスを、いきなり成型型12内に導入して空気を排除するようにしてもよい。

【0055】なお、上記実施の形態は、重力鑄造とし、マグネシウム窒素化合物を成型型内表面に析出させる前に窒素を導入する例をあげたが、本実施の形態はこれに限定されるものではない。図6はアルミニウム鑄造方法の第5の実施形態についての鑄造装置の構成を示すもので、成型型12は、上型50と、押圧成型型52で構成された加圧鑄造であり、成型型は、図5の重力鑄造法に用いる成型型と比べ、気密性が高いものとなっている。また、窒素を導入する配管22の代わりに成型型12内と真空ポンプ52を配管53にて接続し、成型型12内

と外部とを配管 5 5 にて接続し、配管 5 3 と、配管 5 5 にはそれぞれ開閉可能なバルブ 5 4、5 6 を設ける。

【0056】この場合、マグネシウム窒素化合物を成型型 1 2 内に析出させる前に、バルブ 5 4 を開弁し、バルブ 5 6 を閉弁して成型型 1 2 内をあらかじめ真空状態とすることによって非酸素雰囲気とする。この場合であっても、マグネシウム窒素化合物を成型型内に析出させる際に、ただちに還元反応が開始されてしまうことがないので、マグネシウム窒素化合物を効率よくアルミニウムの溶湯表面の還元を用いることができる。なお、この場合、アルミニウムの溶湯導入時および加圧 casting 時には、バルブ 5 6 を開弁することによって、アルミニウムの溶湯を導入しやすくする。

【0057】また、図 7 はアルミニウム casting 方法の第 5 の実施形態についての casting 装置の構成を示す。図 5、6 に示す実施の形態では、マグネシウム窒素化合物は成型型外部で生成していたが、図 7 に示すように、成型型 1 2 内底部に、例えばニクロム線等からなる熱伝導部 7 1 と、該熱伝導部 7 1 に電気を供給する電熱線 7 2 と、熱伝導部 7 1 の蓄熱が成型型 1 2 に伝導するのを防ぎ該熱伝導部 7 1 の温度を約 800℃以上に保温する断熱材 7 3 から構成されるヒーター 3 2 a を設け、内部にマグネシウムを置いてマグネシウムを昇華させ、窒素を後から導入して該成型型内表面にマグネシウム窒素化合物を析出させてもよい。

【0058】なお、上述した各実施の形態では、アルミニウム casting 方法として純粋なアルミニウムを溶湯材料とした例を示したが、アルミニウムを基材として、例えば、シリコン、マグネシウム、銅、ニッケル、錫等を含んだアルミニウム合金であっても同様に適用することができる。本発明でアルミニウムというときは、アルミニウム合金を含むものとする。また、アルミニウムまたはアルミニウム合金に限らず、マグネシウム、鉄等の金属及び／またはこれらの合金からなる溶湯を用いて同様に casting することができる。

【0059】

【発明の効果】本発明に係る還元 casting 方法によれば、上述したように、溶湯の表面に形成される酸化被膜を還元して casting するから、酸化被膜が形成されやすい溶湯材料を使用する場合に、溶湯の表面張力を低減させ、溶湯の流動性、湯周り性を向上させて casting することが可能となり、casting 欠陥のない高品質の casting 製品を得ることが可能になる。また、成型型として塗型や離型剤を使用する必要がなくなり、製造サイクルタイムを短縮することができる等によって、casting 工程を簡素化し、製造コストを効果的に下げることが可能になる。また、本発明に係る還元 casting 方法をアルミニウム casting 方法に適用することによって、酸化被膜が形成されやすいアルミニウムの溶湯の

流動性を向上させることができ、安価で高品質のアルミニウム casting 製品を得ることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】アルミニウム casting 方法の第 1 の実施形態についての casting 装置の構成を示す説明図である。

【図 2】 casting 成型型の接続口の構造を示す説明図である。

【図 3】アルミニウム casting 方法の第 2 の実施形態についての casting 装置の構成を示す説明図である。

【図 4】アルミニウム casting 方法の第 3 の実施形態についての casting 装置の構成を示す説明図である。

【図 5】アルミニウム casting 方法の第 4 の実施形態についての casting 装置の構成を示す説明図である。

【図 6】アルミニウム casting 方法の第 5 の実施形態についての casting 装置の構成を示す説明図である。

【図 7】アルミニウム casting 方法の第 6 の実施形態についての casting 装置の構成を示す説明図である。

【図 8】成型型に注入する溶湯に還元性化合物を作用させる方法を示す説明図である。

【図 9】貯湯部に貯溜された溶湯に還元性化合物を作用させる方法を示す説明図である。

【図 10】本発明方法によって製造したアルミニウム casting 製品の表面状態を示す電子顕微鏡写真である。

【図 11】従来の方法によって製造したアルミニウム casting 製品の表面状態を示す電子顕微鏡写真である。

【符号の説明】

- 10 casting 装置
- 12 成型型
- 12a 処理膜
- 12b 塗膜
- 14 注湯槽
- 18 アルミニウムの溶湯
- 20 窒素ガスボンベ
- 25 アルゴンガスボンベ
- 28 加熱炉
- 32、32a ヒーター
- 36 タンク
- 44 パイプ
- 50 上型
- 51 押圧型
- 52 真空ポンプ
- 71 熱伝導部
- 72 電熱線
- 100 成型型
- 106 溶湯
- 110 貯湯部
- 112 通気体



The schematic diagram illustrates a gas supply system. A gas cylinder (20) is connected via a line (22) to a chamber (12). The line (22) includes a valve (24) and a pressure gauge (25). The chamber (12) has an inner wall (12a) and an outer wall (12b). A gas inlet (16) is located at the top of the chamber, and a gas outlet (18) is located at the bottom. A gas supply unit (52) is connected to the chamber (12) via a line (24) and a valve (24). The gas supply unit (52) is connected to a gas source (32a) via a line (72) and a valve (71). The gas source (32a) is connected to a gas inlet (73) of the chamber (12).

The schematic diagram illustrates a closed-loop fluid circulation system. A cylindrical tank (20) is connected to a pump (36) via a line (34). The pump is connected to a line (42) that leads to a heat exchanger assembly (10). The heat exchanger assembly includes a central vertical tube (16) and a surrounding jacket (12). A fluid inlet (18) is shown at the top of the tube. The fluid outlet (14) is shown at the bottom of the tube. The fluid outlet is connected to a line (24) that leads to a tank (13). The tank (13) is connected to a line (22) that leads back to the pump (36). The line (22) also passes through a valve (26) and a coil (30) before entering the pump. The heat exchanger assembly (10) also includes a coil (32) and a valve (40).

【図6】

